

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-083804

(43)Date of publication of application : 22.03.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

G03F 7/40

G11B 5/31

H01L 21/027

(21)Application number : 2000-276613

(71)Applicant : HITACHI LTD

HITACHI INDUSTRIES CO LTD

(22)Date of filing : 07.09.2000

(72)Inventor : YOSHIOKA TAKESHI

FUJIMOTO KOTARO

SATO TAKASHI

KANEKIYO TAKAMITSU

KANAI SABURO

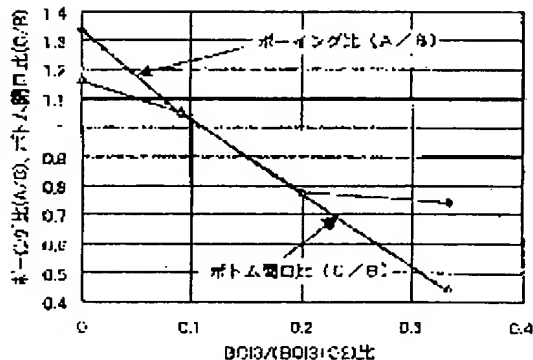
(54) METHOD OF ETCHING SAMPLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an etching method that sufficiently protects side-wall etching from non-straight-advance scattering ions, and at the same time prevents narrowing in dimensions at a groove or a hole bottom section in the etching of a photo resist resin or carbon-family resin such as a Low-k material (a low-permittivity insulating film with carbon such as SILK and FLARE and Si as main constituents).

SOLUTION: Etching treatment is made by the plasma of the mixed gas of oxygen and a BCl₃ gas. Or, the etching is divided into first and second steps. In the first step, etching is carried out by gas plasma that contains only oxygen and does not contain BCl₃. In the second step, etching is made by the plasma of the mixed gas that contains oxygen and BCl₃.

図 5



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3526438

[Date of registration]

27.02.2004

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-83804

(P2002-83804A)

(43) 公開日 平成14年3月22日 (2002.3.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 21/3065		G 0 3 F 7/40	5 2 1 2 H 0 9 6
G 0 3 F 7/40	5 2 1	G 1 1 B 5/31	M 5 D 0 3 3
G 1 1 B 5/31		H 0 1 L 21/302	H 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/027		21/30	5 7 2 A 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-276613(P2000-276613)

(22) 出願日 平成12年9月7日 (2000.9.7)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000233077

株式会社 日立インダストリイズ

東京都足立区中川四丁目13番17号

(72) 発明者 吉岡 健

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会

社日立製作所笠戸事業所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

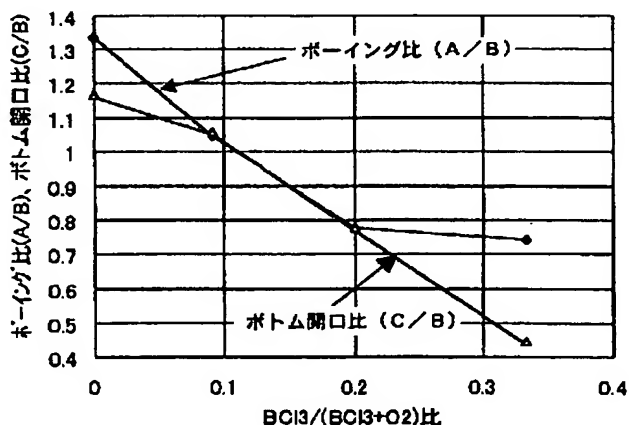
(54) 【発明の名称】 試料のエッチング処理方法

(57) 【要約】

【課題】 フォトレジスト樹脂あるいはLow-k材料 (SILK, FLARE等の炭素とSiを主成分とする低誘電率絶縁膜) のような炭素系樹脂のエッチングにおいて、非直進散乱イオンから側壁エッチングを十分に保護し、かつ溝あるいはホール底部の寸法細りを起こさないエッチング方法を提供すること。

【解決手段】 酸素およびBCl₃ガスとの混合ガスのプラズマによってエッチング処理する。あるいはエッチングを2つのステップに分け、第1のステップは、酸素のみを含み、BCl₃を含まないガスプラズマにてエッチングし、第2のステップは酸素および、BCl₃を含む混合ガスのプラズマによってエッチング処理する。

図 5



【特許請求の範囲】

【請求項1】炭素を主体とする樹脂の膜を、酸素およびBCl₃ガスとの混合ガスのプラズマによってエッチング処理することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項2】請求項1記載のドライエッチング方法において、

炭素を主体とする樹脂は、フォトレジスト樹脂であることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項3】請求項1記載のドライエッチング方法において、

炭素を主体とする樹脂は、Low-k材料(SILK, FLARE等の炭素とSiを主成分とする低誘電率絶縁膜)であることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項4】請求項1記載のドライエッチング方法において、

エッチングは2つのステップに分かれ、第1のステップは、酸素のみを含み、BCl₃を含まないガスプラズマにてエッチングし、第2のステップは酸素および、BCl₃を含む混合ガスのプラズマによってエッチング処理することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項5】請求項1記載のドライエッチング方法において、

エッチングは2つのステップに分かれ、第1のステップは、BCl₃の混合比を次の第2のステップとは異なった条件のガスプラズマにてエッチングし、第2のステップは酸素および、BCl₃を含む混合ガスのプラズマによってエッチング処理することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項6】請求項1および、請求項4記載のドライエッチング方法において、

エッチングガスは酸素および、BCl₃以外に、HeあるいはAr等の、不活性ガスを希釈ガスとして含むガスプラズマを用いることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項7】請求項1記載のドライエッチング方法において、

炭素を主体とする樹脂の膜は、その上部にエッチング加工のマスクとして、パターンニングされた、Al₂O₃あるいは、SiO₂膜を有することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項8】請求項1記載のドライエッチング方法において、

酸素およびBCl₃ガスとの混合ガスに加えて、N₂, NH₃, Cl₂, SO₂等の側壁保護性添加ガスを混合してエッチング処理することを特徴とするドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ドライエッチング方法に係り、特に磁気ヘッド製造工程の上部磁極メッキ

フレームの微細加工や、半導体製造工程の低誘電率素子絶縁膜の微細加工など、炭素系樹脂材料のドライエッチング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】炭素系樹脂材料のエッチングに関する従来方法は、用いられるガス系として

① O₂およびHe

② O₂, He, SO₂

③ O₂ Cl₂

10 ④ O₂ Cl₂, Ar

⑤ O₂ N₂

⑥ O₂ N₂ Ar

⑦ N₂ H₂

⑧ NH₃

等が知られている。(たとえば、J. Vac. Sci. Technol. B 13(6), Nov/Dec 1995, p2366, "Plasma development of a silylated bilayer resist: Effects of etch chemistry on critical dimension control and feature profiles"に記載されている。)

20 【0003】

【発明が解決しようとする課題】炭素系樹脂材料に対し、微細で深い溝あるいはホールをエッチング加工する場合を考える。たとえば、図6に示すように、開口部パターン寸法Bが0.4~0.1 μm、加工深さEが1~5 μmであり、完成加工溝あるいはホールのアスペクト比(E/B)が、5~15と大きい場合を考える。この場合、炭素系樹脂材料は、絶縁物であるため、被加工中の溝あるいはホールの側壁が、垂直形状より膨らんだ形となる、いわゆるボーイング形状となり、垂直加工が難しいという問題があった。

30

【0004】このボーイング形状は、次の2つの原因のいずれかでおこると考えられている。

【0005】第1の原因に関して図7を用いて説明する。ドライエッチングでは、一般にウエハを載置するステージに高周波バイアスをかけて、加速イオンと電子を交互にウエハに引き込むことにより、エッチングする。溝あるいはホールのアスペクト比が大きくなると、電子は、ウエハの溝あるいはホール内に侵入しにくくなり、溝あるいはホールの底部が、正イオンでチャージアップするようになるいわゆる電子シェイディング現象が起こる。この結果、プラズマシース部で加速されたイオンは、底部のチャージアップの影響で、入射イオンの一部分が溝あるいはホール内で直進せず、わずかに軌道が曲げられて、溝あるいはホールの側壁に衝突し、側壁のエッチングが生じるため、ボーイングが起こると考えられる。

40

【0006】第2の原因としては、図8に示すように、ハードマスクのエッジに衝突したイオンがその軌道を曲げられて、溝あるいはホールの側壁に衝突すると考えられる。一般に炭素系樹脂材料をエッチングするには、あ

らかじめパターンニングした、 Al_2O_3 薄膜あるいは SiO_2 薄膜が用いられる。このハードマスクはエッチングの進行に伴って、エッジ部がイオンにたたかれて、ファセットと呼ばれる傾斜形状となり、そこにイオンが入射すると、図8に示したようなイオンの散乱が起こる。

【0007】このボーイングを防ぐために、一般に堆積性のガスをエッチャント性ガス（この場合酸素）に同時に混合して側壁保護性の皮膜をエッチング中に形成する方法がとられる。上記の従来技術①～④における、ガス Cl_2 , N_2 , SO_2 , NH_3 は、その目的であり、エッチング途中で炭素系樹脂から出てくるCを含む反応生成物 CO , CH 等と化合して、 $CHCl$, CN , CS 等の結合を側壁表面で形成し、側壁保護膜を形成し、ボーイングを防ごうとするものである。

【0008】しかしながら、これらの従来技術のガス系では、開口幅が狭まり、溝あるいはホールのアスペクト比が大きくなってくると、ボーイングは抑えきれなくなる。図9にその一例を示すように、側壁保護性のガス成分比を増加させると、確かにボーイングの度合いは減少していくが、溝あるいはホールの底の寸法がせまくなる傾向が同時に起こり、極端な場合は、エッチングガストップして非開口にいたってしまう。

【0009】なお図9は、マスク寸法 $0.45\mu m$ 、深さ $3.5\mu m$ のレジスト樹脂を、 Al_2O_3 $0.2\mu m$ 厚のハードマスクで、 $O_2/N_2/He$ （希釈ガス）のガス系でエッチングしたときの実験結果である。圧力は $0.5Pa$ としている。

【0010】また図6から、わかるようにボーイングは溝上部から、 $1\sim 2\mu m$ のあたり（アスペクト比で $2\sim 4$ あたり）で顕著に起こり、それより下の部分では、ボーイングの勢いが飽和する傾向がある。これは、イオンが側壁のちょうどアスペクト比 $2\sim 4$ あたりによくあたるように、散乱イオン分布が決まるせいであると考えられる。

【0011】このボーイングは、これらのガスによる側壁保護性ガスによる側壁保護膜の強度が十分でないため、側壁にあたったイオンによる側壁エッチングを防ぎきれていないことと、側壁保護膜がエッチング中の側壁の底部にも形成され、かつ、側壁底部は壁にあたる非直進散乱イオンの数が少なくなるため、ボーイング傾向が弱まると同時に、過剰側壁保護の結果、加工形状がテーパ傾向となり、寸法の細りが起こってしまうという課題があった。

【0012】本発明の目的は、炭素系樹脂のような絶縁膜のエッチングにおいても、非直進散乱イオンから側壁エッチングを十分に保護し、かつ溝あるいはホール底部の寸法細りを起こさない試料のエッチング処理方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため

に、本発明の特徴は、酸素および BCl_3 ガスとの混合ガスのプラズマによって試料をエッチング処理する方法にある。

【0014】本発明の他の特徴は、上記のエッチング処理方法において、炭素を主体とする樹脂は、フォトリソ樹脂である。あるいは炭素を主体とする樹脂は、Low-k材料（SILK, FLARE等の炭素とSiを主成分とする低誘電率絶縁膜）である。

【0015】本発明の他の特徴は、上記のエッチング処理方法において、エッチングは2つのステップに分かれ、第1のステップは、酸素のみを含み、 BCl_3 を含まないガスプラズマにてエッチングし、第2のステップは酸素および、 BCl_3 を含む混合ガスのプラズマによって試料をエッチング処理することにある。

【0016】本発明の他の特徴は、上記のエッチング処理方法において、エッチングは2つのステップに分かれ、第1のステップは、 BCl_3 の混合比を次の第2のステップとは異なった条件のガスプラズマにてエッチングし、第2のステップは酸素および、 BCl_3 を含む混合ガスのプラズマによって試料をエッチング処理することにある。

【0017】本発明の他の特徴は、上記のエッチング処理方法において、エッチングガスは酸素および、 BCl_3 以外に、HeあるいはAr等の、不活性ガスを希釈ガスとして含むガスプラズマを用いることにある。

【0018】本発明の他の特徴は、上記のエッチング処理方法において、炭素を主体とする樹脂の膜は、その上部にエッチング加工のマスクとして、パターンニングされた、 Al_2O_3 あるいは、 SiO_2 膜を有することにある。

【0019】本発明の他の特徴は、酸素および BCl_3 ガスとの混合ガスに加えて、 N_2 , NH_3 , Cl_2 , SO_2 等の側壁保護性添加ガスを混合して試料をエッチング処理することにある。

【0020】ボーイングを起こさないようにするには、側壁にあたるイオンでサイドエッチングが起こらない程度の十分に強固な側壁保護膜が形成できる添加ガス系が望ましい。また同時に、パターン底部での寸法細りを起こさないためには、底部には側壁保護性のガスが届きにくくすることが望ましい。このためには、側壁保護性の化合物はプラズマ中で形成され、かつその化合物の、被エッチング材料表面への付着確率が、相対的に高く、側壁上部に選択的に付着し、側壁下部には届きにくい性質のガス系がよい。

【0021】このような、ガスとして、発明者等は、種々ガス系について鋭意実験を重ね、その結果、従来の酸素系ガスに、 BCl_3 を混合することにより、ボーイングを軽減でき、かつパターン底部寸法細りを回避できるガス系を見出した。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例を図1～図2により説明する。

【0023】図1は、本発明によりエッチング処理された被エッチング膜が構成されるウエハの断面状態を示す一実施例である。サンプルは図1(a)に示すように、基板上に、炭素系樹脂であるフォトレジスト樹脂膜(PR)を $3.3\mu\text{m}$ 形成し、その上に Al_2O_3 膜、さらにその上にパターンニングされたフォトレジスト膜で成る三層構造となっている。図1(b)(c)(d)は、順にサンプルの初期形状、 Al_2O_3 膜エッチング後の形状、フォトレジスト樹脂膜エッチング後の形状である。図1(d)のフォトレジストエッチング完了の状態において、パターン入り口寸法は、 BCl_3 によるデポのため、 $0.43\mu\text{m}$ と、初期のマスクパターン寸法 $0.48\mu\text{m}$ (図1(c)参照)より細るが、その後のエッチング形状は、溝中部で、マスクパターン寸法 $0.48\mu\text{m}$ に対し約6%増加、溝底部でマスクパターン寸法 $0.48\mu\text{m}$ に対し約4%増加とほぼ垂直形状が得られていることがわかる。

【0024】図1に示した、エッチング処理を行うためのエッチング処理装置としては、試料を減圧下でプラズマを利用してエッチング処理する装置が用いられる。電子サイクロトロン共鳴(ECR)型のマイクロ波プラズマエッチング装置、誘導結合プラズマエッチング装置、容量結合型エッチング装置、ヘリコン波結合型エッチング装置等が採用される。

【0025】図2は、本発明で用いるエッチング装置の全体の概略構成を示し、図3は図2の真空部分の断面を示す。これらの図において、試料の処理装置は、エッチング処理装置1、真空搬送装置2、ロードロック室3、アンロードロック室4、大気搬送装置5、大気ローダ7およびカセット8を備えている。

【0026】エッチング処理装置1としては、誘導型のエッチング装置を例にとりて説明する。

【0027】図4にエッチング処理装置1の構造図を示す。図4において、エッチング処理装置1は、アルミナセラミックスあるいは石英製のベルジャ10で構成されるエッチング処理室11、試料台12、処理ガス導入部13、真空排気部14、誘導コイル(例えば13MHz、2KW)15を備え、試料台12には、被処理物18が載せられて加工される。また、試料台12には、高周波装置16(例えば800kHz、200W)が接続される。

【0028】このようなエッチング装置を用い、フォトレジスト樹脂を Al_2O_3 をマスクにエッチングを行った。希釈ガスとしてHeを用い、 O_2 ガス=20ccmに対し、 BCl_3 ガスを加えていくと、図5に示すような特性が得られた。すなわち BCl_3 ガスなしの条件にては、側壁保護が弱く、側壁中部にあたるイオンに対する防護ができず、ボーイングが大きいが、 BCl_3 添加量

を増加させるに従い、ボーイングは低減できていく。 $\text{BCl}_3/(\text{BCl}_3+\text{O}_2)$ 比10%にて、パターン底部の寸法は、マスクの寸法と同程度となり、垂直形状が得られることがわかる。

【0029】なお、本装置を用いての処理は、処理圧力が 0.5Pa 、誘導コイルパワーが、750～1000W、試料台に印加する高周波パワーは100～150Wという範囲で特に有効であった。また、不活性希釈ガスとしてHeを用い、He、 O_2 、 BCl_3 をあわせた全ガス流量が1000ccmとなるようにした。

【0030】本発明のガスを用いる場合、堆積性が強すぎることによる、不具合が生じる場合がある。これは、パターン溝部でなく、パターン疎部に針状残渣の生じる現象である。これは、エッチングを2ステップに分け、第1ステップとして、酸素と希釈不活性ガスのみでエッチングし、 $1\mu\text{m}$ ほどエッチングし、しかる後に、第2ステップとして、上記のガス系に BCl_3 を添加した。これによって、残渣がなく、かつボーイングを低減したエッチング形状が得られた。

【0031】 BCl_3 をエッチング初期から添加する場合、次の機構によって針状残渣が生じたものと考えられる。すなわち、本レジストエッチングに先立って、 Al_2O_3 ハードマスクを、塩素+ BCl_3 系のガスによって、エッチングしているが、このときにレジスト表面状態が変化し、引き続く BCl_3+O_2 ガス系でのレジストエッチング時に、針状残渣の核が生じたと考えられる。第1ステップとして酸素系のみでエッチングし、レジストの初期表面をブレイクスルーすれば、針状残渣が生じることはない。

【0032】エッチングがまだ初期で溝深さが浅いときは、チャージアップあるいは、ハードマスクファセットによるイオン軌道の散乱が起こりにくいので、ボーイングは見られない。したがって、その後第2ステップとして BCl_3 を添加したガス系で、エッチングを続行すればボーイングを低減すると同時に、針状残渣は発生しない様に出来る。

【0033】また、別の実験では、第1ステップとして、 BCl_3 の(O_2+BCl_3)に対する混合比を、20%以上と、第2ステップの10%よりも、大幅に大きくすることによっても、針状残渣の発生を防ぐことが出来た。これも、 Al_2O_3 エッチ後の変化したレジスト表面状態を、 BCl_3 混合比の大きい状態で、ブレイクスルーすることによって、針状残渣の核が除去されたものと考えられる。

【0034】本一実施例は、 O_2 ガス系に BCl_3 を添加する例を示したが、他の側壁保護性添加ガスたとえば、 N_2 、 SO_2 、 Cl_2 、 NH_3 等のガスと本 BCl_3 ならびに O_2 を組み合わせて使っても良い。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、

フォトリソレジスト樹脂やLow-k材料などの炭素を主体とする樹脂を、ボーイングおよび先細りなくエッチングすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のガス系を用いた場合の、レジスト樹脂エッチング後の断面写真を示す説明図である。

【図2】本発明で用いた、エッチング装置の平面構成を示す説明図である。

【図3】本発明で用いた、エッチング装置の断面構造を示す説明図である。

【図4】本発明で用いた、エッチング装置のエッチング処理室の断面構造を示す説明図である。

【図5】本発明のガス系を用いた場合の、ボーイングおよびボトム開口比の、実験データを示す説明図である。

【図6】従来技術における、炭素系樹脂材料のエッチン

グにおいて、ボーイング形状を説明する図である。

【図7】ボーイング形状となる第1の原因を説明する図である。

【図8】ボーイング形状となる第1の原因を説明する図である。

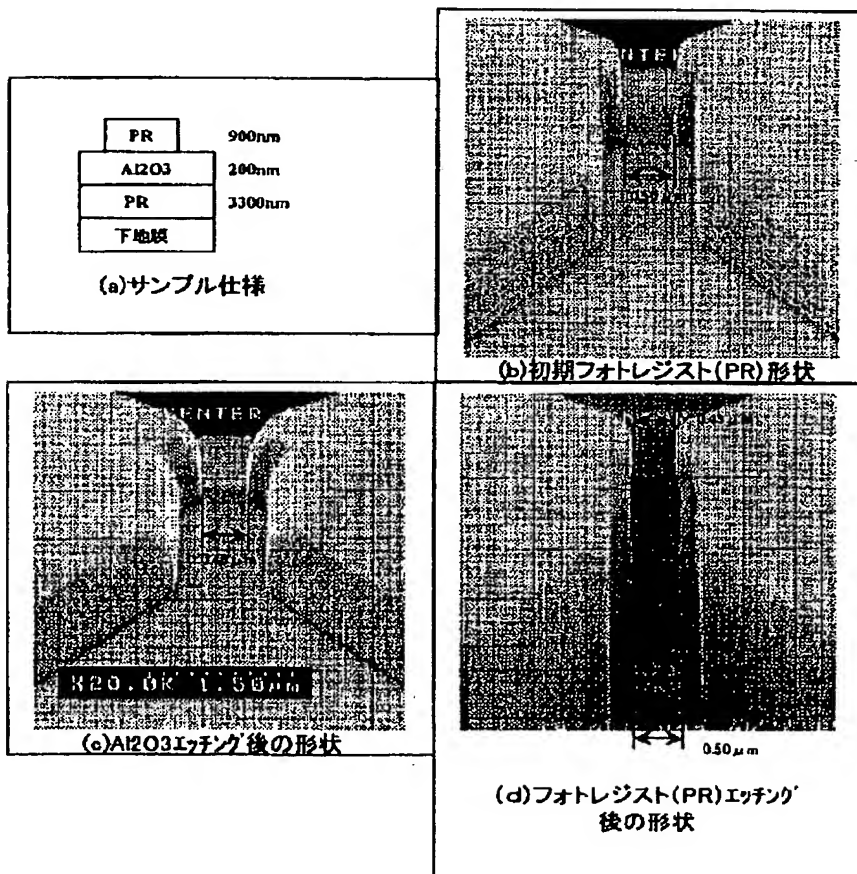
【図9】従来技術におけるガス系を用いた場合の、ボーイング比およびボトム開口比の、実験データを示す説明図である。

【符号の説明】

10 1…エッチング処理装置、2…真空搬送装置、3…ロードロック室、4…アンロードロック室、5…大気搬送装置、7…大気ローダ、8…カセット、11…エッチング処理室、12…試料台、13…処理ガス導入部、14…真空排気部、15…誘導コイル、18…被処理物、16…高周波装置。

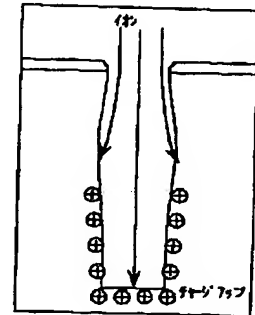
【図1】

図 1



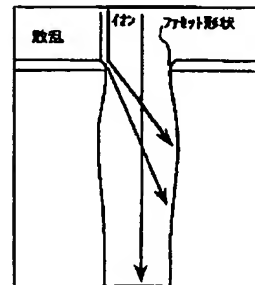
【図7】

図 7



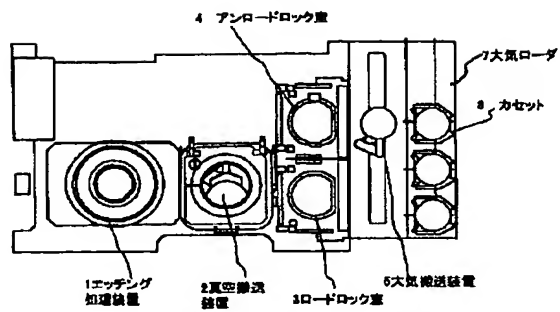
【図8】

図 8



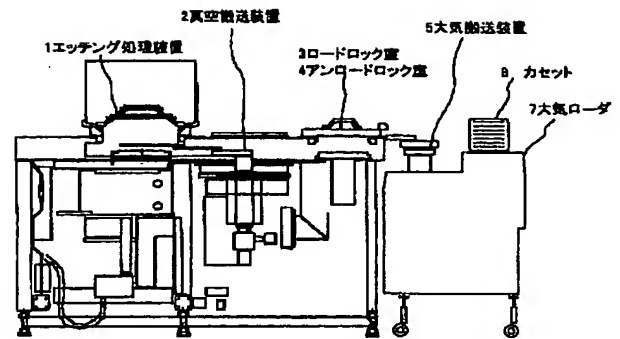
【図2】

図 2



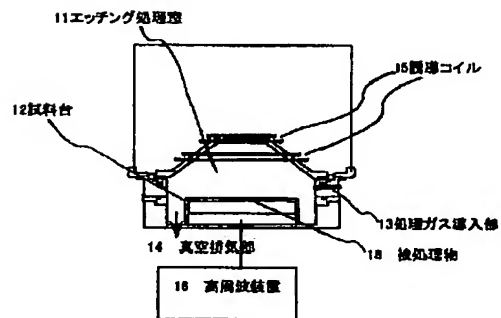
【図3】

図 3



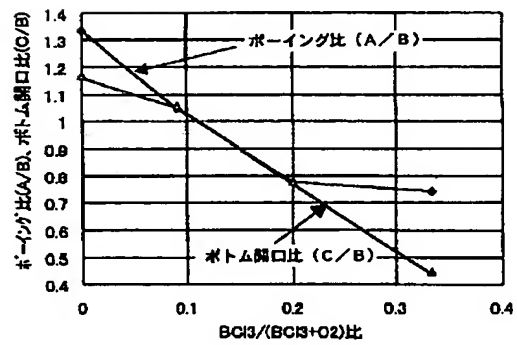
【図4】

図 4



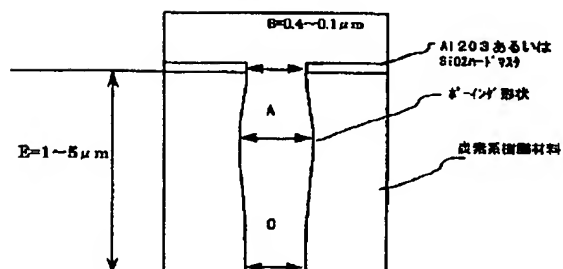
【図5】

図 5



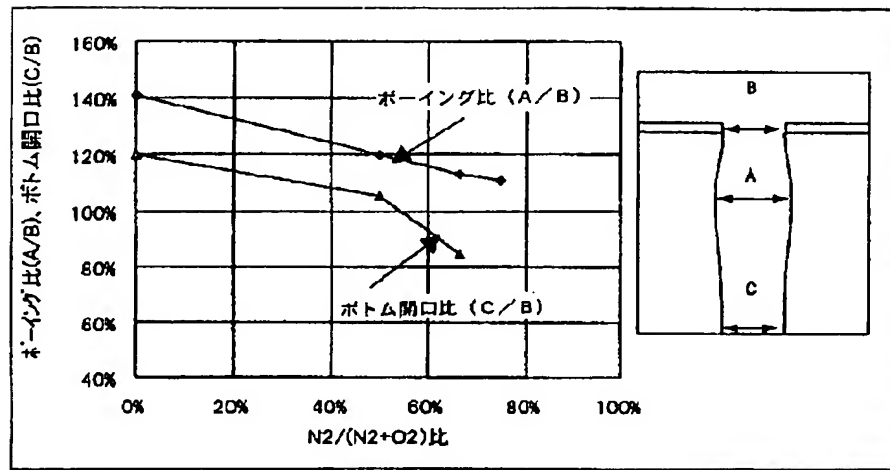
【図6】

図 6



【図9】

図 9



フロントページの続き

(72)発明者 藤本 孝太郎

山口県下松市大字東豊井794番地 日立テ
クノエンジニアリング株式会社笠戸事業所
内

(72)発明者 佐藤 孝

山口県下松市大字東豊井794番地 日立テ
クノエンジニアリング株式会社笠戸事業所
内

(72)発明者 金清 任光

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会
社日立製作所笠戸事業所内

(72)発明者 金井 三郎

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会
社日立製作所笠戸事業所内

F ターム(参考) 2H096 AA00 AA25 AA27 CA05 HA12

HA14 HA15 HA23 HA24 JA04

5D033 DA08

5F004 AA16 BA04 BA14 BA20 BB11

BB18 DA11 DA22 DA23 DA26

DB14 DB24 DB26 DB27 EA03

EA06

5F046 MA12